

진화적응성을 갖는 영상 전처리 필터 구현

이 승 영, 전 인 자, 이 필 규^o

인하대학교 전자계산공학과

An Implementation of Evolvable Adaptive Image Preprocessing Filter

Seung-Young Lee, Inja Jun, Phill-Kyu Rhee^o

Department of Computer Science and Engineering, Inha Univ.

ihelsy@im.inha.ac.kr, juninja@im.inha.ac.kr, pkrhee@inha.ac.kr

요 약

최근 멀티미디어 및 통신의 발달로 인하여 영상 정보를 이용한 응용시스템이 많이 연구되고 있다. 중간 전달 매체를 이용한 응용시스템으로의 영상 정보를 전달과정에서 잡영(noise)이 포함되어 시스템의 성능을 저하 시키게 된다. 또한 잡영은 임의의 형태이기 때문에 상황에 따라 적합한 필터를 선택하기는 쉽지 않다.

본 논문에서는 유전자 알고리즘 프로세서를 이용하여 필터들의 구성 및 파라미터를 조절하여 임의의 잡영에 진화적응적인 능력을 가지는 영상 전처리 필터를 구현하였다. 주파수 영역의 잡영에 대해서는 하드웨어에 적합하고 구현이 용이한 멀티밴드필터(Multi-Band filter)를 설계하여 사용하였다. 시스템은 유전자알고리즘과 필터블록에 대해서는 하드웨어(FPGA)로 구현 하였고 적합도 평가는 PC 기반으로 수행하였다. 실험결과 순수 PC기반의 시뮬레이션에 비해 속도향상 및 성능면에서도 만족할 만한 결과를 얻었다.

1. 서 론

최근 멀티미디어 및 통신의 발달로 인하여 영상 정보를 이용한 응용시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 영상은 입력매체 및 전달매체에 의해서 왜곡되거나 전달 영상에 대해서 잡영(noise)을 포함하여 영상 정보를 이용한 처리나 연구 분야에서는 이러한 원치 않은 정보를 줄이기 위하여 전처리 과정이 필수적으로 수행된다. 전처리는 여러 적용분야로 나누어지게 되고, 방법 또한 다양하게 소개되어 있다. 그러나 전처리는 응용분야에 대해서도 의존적이고, 영상에 속하여 있는 잡영에 대해서도 매우 의존적이다.

본 논문에서 제안하는 방법은 전처리에 있어서 잡영 및 왜곡의 정도에 대하여 필터의 파라미터 및 필터의 조합에 의존적인 특성을 무작위탐색에의 우수한 성능을 보이는 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)을 이용하여 상황에 최적화된 능동적인 필터의 조합 및 내부 파라미터의 탐색에 목적을 두었다. 특히 주파수 영역으로 변환하여 주파수 영역의 잡영 처리는 수행하는데 있어서는 통과대역의 개수도 선택할 수 있고 통과대역의 대역폭도 결정할 수 있도록 멀티밴드필터(Multi-band filter)를 하드웨어에 사용 가능하도록 설계하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 잡영의 종류 및 특성

과 영상 전처리 필터의 종류의 각 필터들의 특성과 파라미터 성질에 대해서 나열하였다. 3장에서는 제안하는 시스템의 구성 및 최적화를 논하였으며, 4장에서는 실험 결과를 통하여 제안한 시스템의 성능을 검증하였다. 마지막으로 5장은 결론으로 끝을 맺는다.

2. 영상 전처리 필터

2.1 잡영 (Noise)

노이즈(Noise)를 소리에 있어서는 잡음으로, 영상에 있어서는 잡영 이라고 말한다. 잡영의 형태는 일반적으로 세가지로 나눌 수 있다. 일정한 상수 값이 화소(pixel)에 더해지는 형태인 가산잡영(Additive noise)와 화소에 곱해지는 형태인 승산잡영(Multiplicative noise), 마지막으로 전체 영상 영역에 대해 부분적으로 나타나는 순간잡영(impulse noise)의 형태이다. 따라서 잡영의 일반적으로 식(1)과 같은 형태로 표기가 된다. 여기서 m 은 승산잡영 이고 a 가 가산잡영 이다.

$$G(x, y) = m(x, y) \cdot f(x, y) + a(x, y) \quad (1)$$

가산잡영(Additive noise)은 실영상의 화소값에 독립적으로 변화하고 그 변화되는 부분은 실영상에 대한

화소값에 대해서 더해지는 형태로 나타난다. 그 수식은 식(2)와 같다.

$$G(x, y) = f(x, y) + a(x, y) \quad (2)$$

승산잡영(Multiplicative noise)은 잡영의 화소값이 실영상의 화소값과 같이 변하기 때문 가산잡영에 비해 제거하기가 어렵다. 승산잡영 모델에 대한 수식은 아래 식(3)과 같이 주어진다.

$$G(x, y) = m(x, y) \cdot f(x, y) \quad (3)$$

실제 영상과 $f(x, y)$, 잡영 $m(x, y)$ 을 이용하여 임의의 잡영을 포함한 영상을 $G(x, y)$ 이다. 대부분의 응용분야에 있어서 승산잡영을 포함하고 있다. 잡영에 대한 랜덤프로세스(random process) 변화에 대한 계수를 γ 라하고 γ 는 랜덤프로세스에 대한 표준편차와 평균의 비로써 나타내고 수식은 식(4)와 같다.

$$\gamma = \frac{\sigma}{\mu} \quad (4)$$

인 정상상태잡영 처리(Stationary noise process)인 경우에는 $\gamma = \sigma$. 화계수 이 된다.

통계적인 방법의 필터(statistical filter)와 주파수 영역처리 필터(frequency domain filter)를 이용하여 제거 가능하다.

2.2 필터 (Filter)

2.1 절에서 언급한 잡영에 대해 처리를 하기 위해서는 각각을 상황에 맞는 필터들이 필요하다.

2.2.1 호모모픽 필터 (Homomorphic filter)

조명 반사율 모델은 주파수 영역에서의 처리를 통해 영상화질을 개선하기 위한 대비 증가와 동시성 밝기 범위 압축의 기본 원리로 사용된다. 영상 $f(x, y)$ 는 식(6)에 의해 조명과 반사율로 표현할 수 있다.

$$f(x, y) = i(x, y)r(x, y) \quad (6)$$

식(6)은 조명과 반사율의 주파수성분을 분리하여 처리하기 위해서는 식(6)에서 처리가 불가능하므로 \ln 을 양변에 취하여 푸리에 변환을 하여 수행한다.

$H(u, v)$ 는 저주파통과이득, 고주파통과이득과 차단 주파수 세가지 파라미터에 의해서 영상의 질이 변하게 된다. 그림 1은 호모모픽필터의 흐름도이다.

$$f(x, y) \rightarrow \ln \rightarrow \text{FFT} \rightarrow H(u, v) \rightarrow \text{IFFT} \rightarrow \exp \rightarrow g(x, y)$$

그림 1. 호모모픽필터의 흐름도

2.2.2 멀티밴드 필터 (Multiband filter)

영상의 주파수 영역 별로 잡영의 형태는 달라진다.

따라서 잡영을 제거하기 위해서 가변적인 밴드의 개수와 밴드 폭을 잡영의 형태에 따라 변형해 주어야 한다. 멀티밴드 필터의 흐름도는 그림 2와 같다

$$f(x, y) \rightarrow \text{FFT} \rightarrow H(u, v) \rightarrow \text{IFFT} \rightarrow g(x, y)$$

그림 2. 멀티밴드 필터의 흐름도

$H(u, v)$ 의 도식적인 형태는 그림 3과 같다.

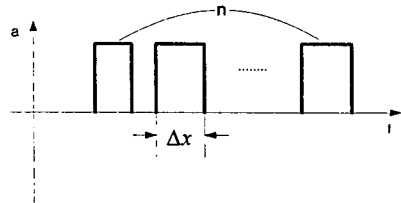


그림 3. 멀티밴드 필터의 $H(u, v)$ 의 구조

이러한 멀티밴드 필터의 특징으로는 특정 주파수의 잡영을 다 주파수 필터의 조합없이 하나의 필터를 이용함으로써 필터의 단순성과 모듈의 간편성을 가질 수 있다. 밴드의 개수와 밴드의 폭을 나타내는 두개의 파라미터를 이용하여 영상의 주파수 잡영을 개선하게 된다.

2.2.3 중간값 필터 (Median filter)

영상의 픽셀단위로 윈도우를 통과하여 윈도우에 속하는 픽셀들의 중간값을 추출하여 원 화소값을 대체 하게 된다. 비선형 필터로서 순간잡영을 제거하는데 효과적이다.

중간값 필터는 잡영의 분포에 따라 윈도우의 형태가 달라지게 되고, 대체적으로 6 가지 정도를 사용한다.

2.2.4 부분 개선 필터(Local Enhancement filter)

국부적 개선은 주변점에서 화소 명암도의 다른 특성을 이용할 수 있다. 명암도 평균값과 분산(혹은 표준편차)은 한 영상의 외형과의 관련성 때문에 자주 사용되는 두 개의 특성이다. 즉, 평균값은 평균 밝기의 측도이고 분산은 대비의 측도이다. 이런 개념들에 근거한 전형적인 국부적 변환은 각 화소 위치 (x, y) 에서 식(7)의 변환을 수행함으로써 $f(x, y)$ 의 명암도를 새로운 영상 $G(x, y)$ 로 사상시킨다.

$$G(x, y) = A(x, y)[f(x, y) - m(x, y)] + m(x, y) \quad (7)$$

$$\text{where } A(x, y) = kM / \sigma(x, y) \quad 0 \leq k \leq 1$$

이 식에서 $m(x, y)$ 와 $\sigma(x, y)$ 는 (x, y) 를 중심으로 한 주변점에서 계산한 화소의 평균값과 표준편차이

다. 그리고 M 은 $f(x,y)$ 의 전체적인 평균값이고 k 는 위 식에서 나타낸 그 영역에서의 상수이다. 가변값인 A , m 및 값들은 미리 정의된 (x,y) 의 주변점에 영향을 받는다. $f(x,y)$ 와 국부적 평균 사이의 차에 대한 국부적 이득치 $A(x,y)$ 의 적용은 국부적 변화를 증가시킨다. $A(x,y)$ 는 명암도의 표준편차에 반비례하기 때문에 낮은 대비를 가진 영역은 더 큰 이득을 얻는다. 위 식에서 영상의 평균 명암도 관계를 다시 복구하기 위해 평균값이 국부적 영역에 더해지는 형태이다.

처리에 영향을 주는 파라미터는 국부영역크기의 정의에 대한 윈도우의 가로 및 세로의 크기와 k 값의 3 가지 인자이다.

2.2.5 히스토그램 평준화(Histogram Equalization)

영상의 화소값의 분포가 집중되어 있는 부분을 평준화를 이용하여 고르게 분포 시키다. 전역 히스토그램 평준화 (global histogram equalization)을 하였으며 사용되는 파라미터는 없다.

3. 진화 적응형 시스템

3.1 시스템 구조

시스템은 적합도 평가와 영상의 입력에 대해서는 PC에서 수행되고 필터처리와 유전자 알고리즘은 FPGA 보드 상에서 수행하게 된다. 유전자 알고리즘 프로세서를 이용하여 상위 단위의 기능블록 조합문제와 하위단위의 기능블록의 내부 파라미터들을 동시 진화가 가능한 구조를 구성하였으며, 영상처리를 목적으로 한 시스템이므로 각각의 기능블록은 여러 가지 전처리 필터 중 하나로 정의하였다. 사용된 하드웨어는 Xilinx VertexE2000 과 2Mbyte 의 서로 독립적인 4 개의 SRAM Bank, PCI 인터페이스를 갖고 있는 Celoxica 의 RC1000-PP 보드를 사용하였다. 한번에 처리해야 할 데이터의 양이 많다는 영상처리의 특성상 보드상의 SRAM 을 영상 버퍼로서 사용하게 된다. 제안하는 시스템 구조는 그림 5 와 같다.

Control register 와 Status register 는 Host PC 상의 프로그램과 FPGA 와의 handshaking 을 위해 사용되며, 영상 데이터, 적합도 평가 결과 및 검색체 데이터는 보드상의 SRAM 경유, 32bit Bus 를 이용해서 FPGA 와 Host PC 사이를 이동한다

유전자 알고리즘의 최적해의 탐색후 가장 우성의 염색체(chromosome)는 Chromosome Decoder 를 거쳐 유전형(genotype)이 표현형(phenotype)으로 변하게 된다. 염색체의 bit string 은 각각 기능블록의 파라미터를 결정하고 기능 블록들간의 실행 순서 조합을 결정하게 된다.

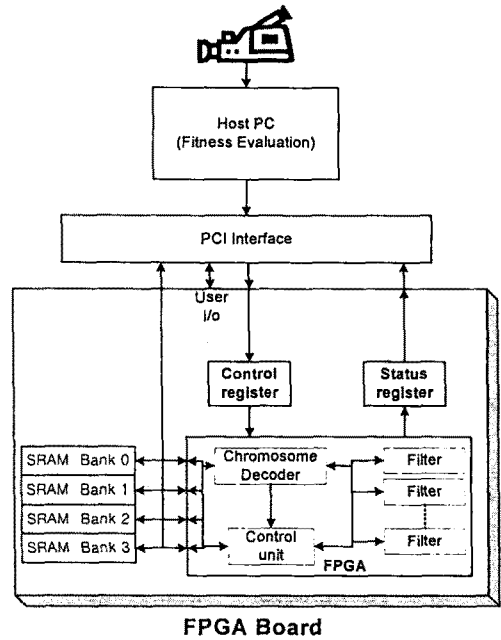


그림 4. 시스템 구조

3.2 필터의 하드웨어 최적화

하드웨어의 구현의 용이성을 위하여 멀티밴드 필터의 입력이 되는 주파수의 전체 영역에 대해서 $256 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \cong 180$ 등분을 하여 사용 하였다. 따라서 전체 필터의 멀티 밴드의 개수는 180 개가 된다.

즉 180 등분으로 나누어 들어온 주파수 영역에 대해서 통과를 시킬 것인가 차단할 것인가는 단순 1bit 각각의 플래그(flag) bit 를 두어서 처리하면 된다. 총 2^{180} 가지의 경우의 수를 가지게 된다. 즉 다시 말해서 주파수 영역 전체를 통과 시키기 위해서는 a1-a180 까지가 전부 1로서 되어있고, 주파수의 전체를 차단할 경우 a1-a180 까지 전부 0가 된다. 그림 6 은 멀티밴드필터의 구성을 나타낸다. 하드웨어인 유전자알고리즘의 검색체로 표현하기 위하여 소프트웨어 시뮬레이션을 통한 총 2^{12} 가지의 빈도수가 가장 높은 밴드의 조합을 구하였다.

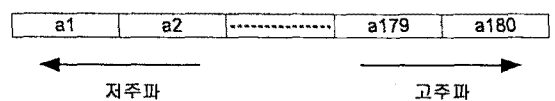


그림 5. 멀티밴드필터의 구성

3.3 염색체 정의 (chromosome define)

염색체는 하드웨어의 제약으로 인한 64bit 로서 정

의한다. 검색체의 구성은 각각 필터의 파라미터에 대한 조절과, 필터의 가능한 조합으로서 나타낸다.

검색체를 전체적으로 표현하면 그림 7. 과 같다.

All Filter										Multiband Filter											
Filter Selection										Portable Address											
63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42

Local Enhancement Filter																			
Mask Width					Mask Height					Factor K									
41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22

Median Filter					Homomorphic filter																
indow select					Parameter					cutoff frequency											
21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

그림 6. 검색체 표현

3.4 적합도 함수

영상의 질을 판단하는 적합도 함수는 세가지 적합도 함수의 조합으로서 이루어 지게 된다. 그 구성은 선명도와 혼탁도, 또 두 적합도 평가에 의한 영상의 변형을 막기 위한 원영상과의 상관관계를 이용한 적합도로 구성되어 있다.

3.4.1 선명도와 혼탁도 보정을 위한 적합도

선명도(contrast)를 보정하기 위해서 전체 영역의 누적 히스토그램(H_g)을 구한 후 참조 누적 히스토그램과(H_r)의 차이를 사용한다. X-ray 와 같은 의료 영상의 경우 명암 강도를 양끝 쪽으로 치우치게 하는 end-in contrast stretching 방법으로 윤곽을 선명하게 하도록 기준 누적 히스토그램을 선정하겠지만 본 논문의 실험에서 사용되는 영상은 일반영상을 기준으로 하였으므로 명암 분포가 고르게 하기 위해 참조 누적 히스토그램을 사용하였다.

$$F_{2.1} = \frac{k_{F_{2.1}}}{k_{F_{2.1}} + \|H_r(i) - H_g(i)\|}$$

또한 영역단위의 블러링을 위하여 5×5 mask 를 사용하여 무작위적으로 표본 추출된 300 개의 데이터에 대하여 $\text{var}[g_h]$ 를 구한다. 구해진 데이터중 10%는 영상의 경계 영역으로 간주하고, 이 영역에서의 명도값의 큰 편차를 경계영역으로 설정한다.

$$F_{2.2} = \frac{k_{F_{2.2}}}{k_{F_{2.2}} + 1 / \left(\sum_{i=1}^{30} \text{var}_i[g_h] \right)}$$

이와 같이 구해진 $F_{2.1}$ 과 $F_{2.2}$ 를 이용하여 명도대비 최적화 하는 값을 구한다.

$$F2 = F_{2.1} + F_{2.2}$$

구해진 명도대비 최적화 값을 이용하여 조합된 필터 블록이 원 영상의 정보를 무시하는 방향으로 가는 것을 막는다. $F3$ 은 원영상과의 차이를 이용하여 구한다.

$$F3 = \frac{k_{F_3}}{1 + \sum_{x=0}^{255} \sum_{y=0}^{255} (\|f(x,y)\| - \|g(x,y)\|)}$$

$F3$ 의 값은 원영상의 정보를 유지하게 된다. 구해진 $F2, F3$ 의 상관관계를 이용하여 적합성 유무를 판별하게 된다.

4. 실험 결과

실험은 촬영 형태에 따른 영상의 개선정도와 시간에 대하여 실험하였다.

4.1 임의의 촬영에 따른 개선

실험에 사용된 촬영은 공간영역에서는 임의의 촬영, 가우시안 노이즈, 주파수 영역에서는 랜덤 노이즈가 영상에 곱해지는 형태를 사용하였다.

초기 인구의 수는 100 개, 세대수는 50, 교배확률은 0.8, 초기 돌연변이 확률은 0.05 이다. 필터 조합의 결정은 한가지 필터를 중복해서 사용하거나 사용되지 않은 필터가 생기는 경우도 있기 때문에 잡영이나 영상의 종류에 따라 수행 시간에 모두 다르다. 실험을 수행한 시스템은 펜티엄-1GHz, 메모리 256Mbyte, FPGA 는 30MHz 에서 동작하였다. 그림 8 은 공간영역에 임의의 잡영을 포함한 영상을 본 논문에서 제안한 진화적용 필터를 이용하여 처리하였을 경우의 개선된 영상을 나타내며, 그림 9 는 영상이 50 세대 진화를 하는데 있어서 최고의 적합도 값과 평균 적합도 및 분산을 그래프로 나타내었다.



그림 7. (a) 공간영역의 임의의 잡영이 더해진경우 (b) 개선 영상

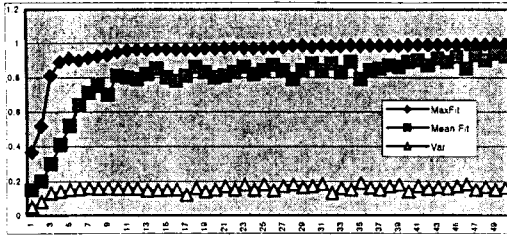


그림 8. 진화 결과 그래프

그림 10은 주파수 영역에 대해서 임의의 잡영이 섞여 있을 경우의 제안된 시스템을 이용하여 개선을 수행한 것이고, 그림 11은 개선된 영상의 각각 최대 적합도, 평균 적합도와 분산값을 그래프 적으로 나타내었다.

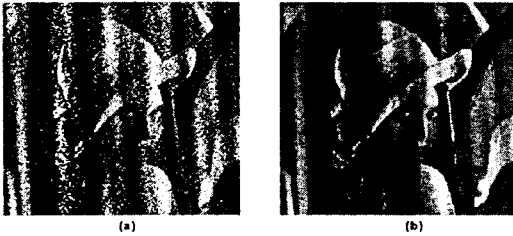


그림 9. (a) 주파수 영역에서 임의의 잡영이 포함된 영상 (b) 개선된 영상

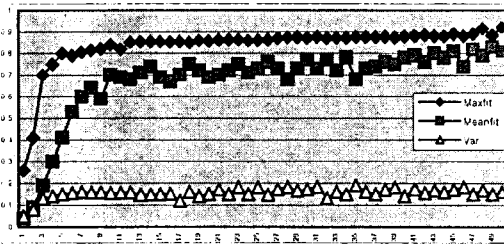


그림 10. 진화 결과 그래프

4.2 소프트웨어 필터와의 비교

소프트웨어 필터와 성능 및 속도면에서 비교를 수행한다. 각각 max fit 및 mean fit, 수렴하는데 걸리는 시간에 대해서 수행한 값에 대해서 비교한 결과는 아래 표와 같다.

표 1. 제안된 시스템의 H/W 와 S/W 성능비교

	필터 타입	Mean Fit	Max fit	시간
공간	S/W	0.956	0.997	87 분
	H/W	0.943	0.995	24 분
주파수	S/W	0.915	0.981	112 분
	H/W	0.827	0.936	36 분

위에 표에서 보는 바와 같이 영상의 질에 대해서는 H/W는 S/W에 비하여 해상도 문제 때문에 비교적 낮은 값을 나타내기는 하지만, 이는 사람의 눈으로 분간을 하지 못하는 수치적인 차이일 뿐이며 시간상으로는 H/W가 S/W에 비하여 약 3배의 빠른 성능을 나타내었다.

5. 결론

본 논문에서는 진화적응 영상 전처리 필터에 대해서 제안하였다. 임의의 잡영이 변화하는 경우에 있어서의 적응형 전처리 필터는 사람의 다른 수작업이 필요 없이 자동적으로 필터링을 하여 잡영을 제거하였다. 그리고 소프트웨어 필터들은 하드웨어에 적합한 구조로 재구성 및 최적화 시켰다.

실험결과 영상의 임의의 잡영에 대하여 질 향상에서 좋은 성능을 나타내었으며, 속도면에서도 소프트웨어 필터의 속도보다 빠른 성능을 나타내었다. 현재 구현된 시스템은 전처리만을 단독 실험하여, 입력영상으로부터 잡영을 제거해서 영상을 복원하는 것을 주목적으로 하였다. 그러나, 영상에서 가장 많은 인식 저해 요소인 그림자 제거나 보상 부분에 대한 처리가 수행된다면, 영상을 복원하는데 큰 도움을 줄수 있을 것이라고 판단된다. 본 연구가 전처리 후에 영상압축, 인식, 분석 등의 목적이 뒤에 놓인다면, 이러한 목적을 위하여 적용할 수 있는 시스템의 모델링이 가능할 것이다.

6. 참고문헌

- [1] J. R. Parker, Algorithms for Image Processing and Computer Vision, Wiley & Sons, 1997
- [2] 구지훈, 이승영, 이종호, 이필규, "유전알고리즘을 이용한 영상의 적응형 전처리 필터 구현에 관한 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp2693-2695, 2001
- [3] J. Schreiter, R. Srowik, A. Graupner, S. Getzlaff, and R. Schuffny. Design of Parallel Preprocessing Image Sensors. In 3rd Conference on Knowledge Based Intelligent Information Engineering Systems KES'99, Adelaide, Australia, August 1999
- [4] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, p161-218, 1993
- [5] Smith, J.E. & Fogarty, T.C. (1996a) " Self Adaptation of Mutation Rates in a Steady State Genetic Algorithm ". Proceedings of IEEE International Conference on Evolutionary Computing, pp 318 - 323, 1996
- [6] Barry Shackelford, Etsuko Okushi et al., "A High-performance Hardware Implementation of a Survival-based Genetic Algorithm", ICONIP'97, pp 686-691, Nov, 1997.
- [7] 허인수, 이주환, 조민석, 정덕진, "자가적응 유전자 알고리즘 프로세서의 VLSI 구현", 2001년도 대한전공학회 하계종합학술대회 논문집, pp.150-160, 2001.
- [8] Pan, F., Gu, W., Jin, R., Yao, Q., One-Pass Preprocessing Algorithm For Real-Time Image Processing System, ICPR(88), pp. 851-853. BibRef.